

**PRARANCANGAN PABRIK GIPSUM  
DENGAN PROSES DESULFURISASI GAS BUANG PLTU  
KAPASITAS 2.500 TON/TAHUN**



Oleh:

**AJENG YULIANTI DWI LESTARI**

**D 500 090 002**

**Dosen Pembimbing:**

- 1. Ir. Haryanto Abdul Rofiq, MS      NIDN : 0005076302**
- 2. Kun Harismah, M.Si, Ph.D      NIDN : 0606016101**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**2013**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA**

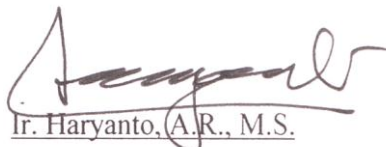
---

Nama : Ajeng Yulianti Dwi Lestari  
NIM : D 500 090 002  
Judul TPP : Prarancangan Pabrik Gypsum dengan Metode Desulfurisasi  
Gas Buang PLTU dengan Kapasitas 2.500 Ton/Tahun  
Pembimbing : 1. Ir. Haryanto Abdul Rofiq, MS  
2. Kun Harismah, M.Sc, Ph.D

Surakarta, Juli 2013


Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

  
Ir. Haryanto, A.R., M.S.

NIP : 196307051990031002

Dosen Pembimbing II

  
Kun Harismah, Ph.D  
NIK. 402

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik

  
Ir. Agus Riyanto, M.T.  
NIK : 483

Ketua Jurusan Teknik Kimia

  
Rois Fatoni, S.T., M.T., Ph.D.  
NIK: 892



**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**FAKULTAS TEKNIK**

Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan Kartasura Telp (0271) 717417  
Surakarta-57102

### **PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : **AJENG YULIANTI DWI LESTARI**  
NIM : **D500090002**  
Jurusan : **TEKNIK KIMIA**  
Judul TA : **Prarancangan Pabrik Gypsum Dengan Proses  
Desulfurisasi Gas Buang PLTU Dengan Kapasitas  
2.500 Ton/Tahun**

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tugas Akhir yang saya buat dan serahkan ini merupakan hasil karya saya sendiri, kecuali kutipan-kutipan dan ringkasan-ringkasan yang semuanya telah saya jelaskan sumbernya. Apabila dikemudian hari terbukti dan atau dapat dibuktikan bahwa Tugas Akhir hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi apapun dari Fakultas Teknik atau gelar dan ijazah yang diberikan oleh Universitas Muhammadiyah Surakarta batal saya terima.

Surakarta, 23 Juli 2013  
Yang membuat pernyataan,

**AJENG YULIANTI DWI LESTARI**



## **PERSEMBAHAN**

Redaksional penerbitan dan manfaat dari karya ini saya dedikasikan untuk Ibu tercinta, dimana dengan sekuat tenaga serta sebetapa ikhlasnya beliau menyapih, membimbing, membiayai dan menghidupi saya sejak kecil hingga dewasa ini. Semoga Allah selalu memberkahinya selalu dengan kasih sayangNya.

Serta tidak lupa saya sembahkan kepada:

1. Keluarga di rumah yang tercinta. Bapak dan Adik kembar.  
Terimakasih atas dukungan moril dan doanya selama ini.
2. Teman-teman Teknik Kimia UMS angkatan 2009 yang akan selalu ada di hati, karena telah menjadi salah satu bagian dari keluarga saya.
3. Temen-temen seperjuangan di Ikatan Mahasiswa Muhammadiyah, baik di tataran Komisariat Averroes Fakultas Teknik dan Cabang Kota Surakarta.  
Insya Allah perjuangan kita akan abadi dan akan selalu ikhlas beramal dalam bakti.
4. Temen-temen satu darah di Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik, terimakasih atas hasil diskusi-diskusi ilmiah selama ini sehingga terjadi retorika ilmu yang insya Allah akan berguna di kemudian hari.
5. Kawan-kawan kecil dan singkat di Dewan Perwakilan Mahasiswa Fakultas Teknik, yang akan selalu ada di hati ini, dan memang harus belajar politik kampus itu memang perlu waktu yang tidak sebentar.
6. Ihkwan dan akhwat fillah Mentoring Fakultas Teknik yang sudah bersama-sama mencari ilmu Islam dan profetik yang khas.

7. Adik-adik teman menggila yang ada di dalam B.comm, kumpulan remaja di lingkungan rumah.
8. Kawan-kawan di Remaja Masjid Al Muhajirin yang telah memberikan kasih sayang yang berlimpah.

Dan tidak lupa saya persembahkan kepada

9. Anda, pembaca karya tulis ini. Semoga dapat mengambil manfaat atas apa yang disajikan dan dituliskan di dalam buku ini, terlebih bisa menciptakan inovasi baru yang terkait dengan perancangan pabrik ini.

“Maha Suci Engkau ya Allah, dengan memujiMu aku bersaksi bahwa tiada sesembahan yang haq disembah melainkan diriMu, aku memohon pengampunanMu dan bertaubat kepadaMu.”

(HR. Tirmidzi).

## MOTTO

*Learn from yesterday. Live for today. Hope for tomorrow.*

*The important things never stop questioning.*

–Albert Einstein–

Yang menjadi bagianmu akan mendatangimu meski atas kelemahanmu. Yang jadi bagian orang takkan kau raih meski dengan kekuatanmu.

–Ath Thanthawy–

Rahasia kebaikan adalah kebaikan yang dirahasiakan.

–Umar, RA–

“Bersemangatliah atas hal-hal yang bermanfaat bagimu. Minta tolonglah pada Allah, jangan engkau lemah.”

–HR Muslim–

“Allah amat membenci hambaNya yang mengatakan apa yang tidak mereka kerjakan.”

–QS Ash Shaff: 3,4–

“Bahwa setelah kesulitan ada kemudahan. Setelah kesulitan ada kemudahan.”

–QS Al Insyirah: 5,6–

## KATA PENGANTAR



*Assalamu'alaikum Wr. Wb*

*Alhamdulillahillobbil 'alamin.* Puji syukur kehadiran Allah *Subhanahu Wata'ala* yang telah melimpahkan segala rahmat, hidayah, serta taufikNya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir penulis dengan judul *Prarancangan Pabrik Gypsum dengan Proses Desulfurisasi Gas Buang PLTU Kapasitas 2.500 Ton/Tahun.*

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung hingga terselesaikannya skripsi ini. Ucapan terimakasih yang tulus penulis haturkan kepada:

1. Bapak Ir. Agus Riyanto, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Bapak Ir. Haryanto Abdul Rofiq, MS selaku pembimbing utama yang arif dan bijak telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penulisan skripsi ini.
3. Ibu Kun Harismah, M.Sc, Ph.D selaku pembimbing kedua yang selalu sabar dalam memberikan bimbingan dan arahan dalam penulisan skripsi ini
4. Bapak Rois Fatoni, ST, M.Sc, Ph.D selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
5. Bapak Ibu Dosen dan Karyawan di lingkungan Fakultas Teknik serta perpustakaan Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah memberikan pengetahuan dan bekal ilmu kepada penulis.
6. Fatekah Lina Nurma Wati selaku rekan skripsi yang senantiasa memberi semangat dan keyakinan jikalau skripsi hanyalah setitik dari ujian hidup, jadi jangan menyerah.



7. Rizky Patria Sari, Rizza Umam Alharis, Ali Mahmudi dan Kiswari Diah Puspita yang telah senantiasa setiap hari menghadapi proses penyelesaian skripsi bersama-sama.
8. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu. Terimakasih untuk semuanya

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna dan tidak menutup kemungkinan membutuhkan kritikan yang bersifat membangun. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat yang berarti bagi pembaca dan semua pihak yang membutuhkan. Segala kelebihan hanyalah milik Allah *Subhanahu Wata'ala* semata.

*Billahi fisisabilil haq. Fastabikhul khoirot.*

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb*

Surakarta, Juli 2013

Penulis

## **DAFTAR ISI**

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
HALAMAN MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
INTISARI	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1.Latar Belakang Pendirian Pabrik	1
1.2.Penentuan Kapasitas Rancangan Pabrik	2
1.3.Penentuan Lokasi Pabrik	3
1.4.Tinjauan Pustaka	
1.4.1 Macam-macam Proses Pembuatan Gypsum	5
1.4.2 Kegunaan Produk	8
1.4.3 Sifat Fisik dan Kimia Bahan Baku dan Produk	8
1.4.4 Tinjauan Proses secara Umum	11
<b>BAB II DISKRIPSI PROSES</b>	12
2.1. Spesifikasi Bahan Baku dan Produk	12
2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku	12
2.1.2. Spesifikasi Bahan Pembantu	13
2.1.3 Spesifikasi Produk	13
2.2 Konsep Proses	13
2.2.1 Dasar Reaksi	13
2.2.2 Mekanisme Reaksi	14
2.2.3 Kondisi Operasi	14
2.2.4 Tinjauan Termodinamika	14

2.2.5 Kinetika Reaksi	16
2.3 Diagram Alir Proses	17
2.3.1 Langkah Proses	21
2.4 Neraca Massa dan Neraca Panas	22
2.4.1 Neraca Massa	22
2.4.2 Neraca Panas	27
2.5 Tata Letak Pabrik dan Peralatan	30
2.5.1 Tata Letak Pabrik	30
2.5.2 Tata Letak Peralatan	31
<b>BAB III SPESIFIKASI ALAT</b>	36
3.1 <i>Ball Mill</i>	36
3.2 <i>Bucket Elevator</i>	37
3.3 <i>Dryer</i>	38
3.4 <i>Filter</i>	38
3.5 <i>Heat Exchanger</i>	39
3.6 Kompresor	41
3.7 Menara <i>Absorbser</i>	42
3.8 <i>Mixer</i>	42
3.9 Pompa	43
3.10 <i>Screen</i>	45
3.11 <i>Screw Conveyor</i>	45
3.12 <i>Silo</i>	45
3.13 <i>Thickener</i>	46
<b>BAB IV UNIT PENDUKUNG (UTILITAS) DAN LABORATORIUM</b>	47
4.1 Unit Pendukung Proses (Utilitas)	47
4.2 Laboratorium	49
4.3 Kesehatan dan Keselamatan Kerja	50
<b>BAB V MANAJEMEN PERUSAHAAN</b>	52
5.1 Bentuk Perusahaan	52
5.2 Struktur Organisasi	53
5.2.1 Pemegang Saham	54

5.2.2 Kepala Bagian	54
5.2.3 sekretaris	56
5.3 Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji	56
5.3.1 Sistem Kepegawaian	56
5.3.2 Pembagian Jam Kerja Karyawan	56
5.3.3 Sistem Gaji	58
5.4 Kesejahteraan Karyawan	61
5.5 Manajemen Produksi	62
5.5.1 Perencanaan Produksi	62
5.5.2 Pengendalian Proses	64
BAB VI ANALISIS EKONOMI	66
6.1 <i>Total Fixed Capital Investment</i>	71
6.2 <i>Working Capital</i>	72
6.3 <i>Manufacturing Cost</i>	72
6.4 <i>General Expense</i>	73
6.5 <i>Analisis Ekonomi</i>	73
KESIMPULAN	76
DAFTAR PUSTAKA	78
PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM	80

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Pemilihan Proses Berdasarkan Aspek Teknis dan Ekonomi.....	7
Tabel 2. Neraca Massa di sekitar <i>Ball Mill</i> (C-101).....	23
Tabel 3. Neraca Massa di sekitar <i>Mixer</i> (M-101).....	23
Tabel 4. Neraca Massa di sekitar Absorber (D-101).....	24
Tabel 5. Neraca Massa di sekitar <i>Thickener</i> (H-101).....	24
Tabel 6. Neraca Massa di sekitar <i>Filter</i> (H-201).....	25
Tabel 7. Neraca Massa di sekitar <i>Dryer</i> (B-101).....	25
Tabel 8. Neraca Massa Total.....	26
Tabel 9. Neraca Panas di sekitar <i>Heat Exchanger</i> (E-201).....	27
Tabel 10. Neraca Panas di sekitar <i>Mixer</i> (M-101).....	27
Tabel 11. Neraca Panas di sekitar Absorber (D-101).....	28
Tabel 12. Neraca Panas di sekitar <i>Dryer</i> (B-101).....	29
Tabel 13. Neraca Panas di sekitar <i>Cooler</i> (E-202).....	29
Tabel 14. Neraca Panas di sekitar <i>Air Heater</i> (E-101).....	30
Tabel 15. Daftar Kebutuhan Air Pendingin.....	48
Tabel 16. Daftar Kebutuhan <i>Steam</i> .....	48
Tabel 17. Daftar Kebutuhan Air Domestik.....	48
Tabel 18. Pembagian <i>Shift</i> Karyawan.....	58
Tabel 19. Tugas dan Keahlian.....	61
Tabel 20. <i>Cost Indeks Chemical Plant</i> .....	67
Tabel 21. <i>Total Fixed Capital Investement</i> .....	71
Tabel 22. <i>Working Capital</i> .....	72
Tabel 23. <i>Manufacturing Cost</i> .....	72
Tabel 24. <i>General Expanses</i> .....	73

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Diagram Alir Kualitatif.....	19
Gambar 2. Diagram Alir Kuantitatif.....	20
Gambar 3. Tata Letak Pabrik.....	34
Gambar 4. Tata Letak Peralatan.....	35
Gambar 5. Struktur Organisasi Perusahaan.....	65
Gambar 6. Grafik Hubungan Tahun dengan <i>Cost Index</i> .....	68

## INTISARI

*Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dalam melaksanakan proses produksinya, menggunakan batu bara sebagai sumber bahan bakar yang kemudian digunakan untuk memanaskan air yang diubah menjadi steam yang selanjutnya digunakan untuk menggerakkan turbin untuk menghasilkan listrik. Dalam proses pembakaran batu bara, PLTU akan menghasilkan sejumlah besar gas buang dimana terkandung gas beracun dan berbahaya jika langsung dibuang ke lingkungan. Oleh sebab itu perlu adanya proses recovery gas buang ( $\text{SO}_2$ ) sebagai bahan baku proses pembuatan gipsum yang selanjutnya akan diproses menjadi bahan aditif semen yang berfungsi sebagai bahan pencegah semen cepat mengeras dan sebagai bahan konstruksi lainnya.*

*Gipsum yang dibuat dengan proses desulfurisasi gas buang dengan memanfaatkan proses absorpsi gas  $\text{SO}_2$  ke dalam larutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  yang dihasilkan dari reaksi pelarutan batu gamping ( $\text{CaO}$ ) dengan sejumlah air. Reaksi absorpsi yang juga disertai proses oksidasi dengan gas  $\text{O}_2$  terjadi di dalam menara absorber dengan kondisi operasi  $50^\circ\text{C}$  dan tekanan 1,1 atm. Larutan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  diinjeksikan lewat menara bagian atas dan gas diinjeksikan dari menara absorber bagian bawah. Untuk selanjutnya padatan gipsum yang dihasilkan di dalam menara absorber dimurnikan dengan rangkaian alat yaitu thickener dan filter untuk membuang impuritas yang ada. Akhir dari proses pembuatan gipsum adalah proses pengeringan cake dengan menggunakan rotary dryer. Lokasi pabrik direncanakan di dalam kawasan PLTU Paiton Probolinggo, Jawa Timur di atas lahan seluas  $170 \text{ m}^2$ . Pabrik beroperasi selama 24 jam per hari dan 330 hari per tahun dengan okupasi tenaga kerja sebanyak 28 orang.*

*Pabrik direncanakan mulai dibangun pada tahun 2015. Modal tetap pabrik sebesar Rp 8.698.945.968,97 sedangkan modal kerjanya Rp 218.972.817,76. Biaya produksi total per tahun adalah sebesar Rp 1.677.305.908,38. Evaluasi ekonomi menunjukkan bahwa pabrik ini menguntungkan dan layak untuk dibangun.*

*Kata kunci: Gipsum, Desulfurisasi, Kelestarian Lingkungan*